**Полимерные и полимер-керамические мембраны для твердотельных литиевых аккумуляторов**

***Гаянов Р.И., Визгалов В.А*.**

*Аспирант, 1 год обучения*

*Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), Москва, Россия*

*E-mail:gaianov.ri@phystech.edu*

Повышенная безопасность [1] и лучшие электрохимические свойства [2] присущие твердотельным литиевым аккумуляторам (ТТЛА) по сравнению с современными литий-ионным аккумуляторами (ЛИА) делают ТТЛА перспективным предметом исследования. Однако главным недостатком твердых электролитов на данный момент является низкая проводимость по сравнению с жидкими системами.

В ходе этой работы было проведено исследование твердых электролитов на основе двух полимерных соединений: полиэтиленоксида (ПЭО) и поликапролактона (ПКЛ). ТЭ были получены в виде тонких (10 – 50 мкм) мембран при помощи нанесения раствора на ракельной установке и последующей вакуумной сушки для удаления остатков растворителя. Оценка проводящих свойств проводилось при помощи чисел переноса по ионам лития по методу Брюса-Винсента и проводимости, рассчитанной по годографам импеданса ячейки.

Для мембран на основе ПКЛ было проведено исследование зависимости проводящих свойств от содержания соли LiTFSI (бис(трифторметансульфонил)имид лития) в составе, которое варьировалось в диапазоне от 10 до 60 процентов по массе сухого вещества. Было выявлено, что механические свойства ТЭ во всем исследованном диапазоне оставались хорошими, что позволяло получать отдельностоящие мембраны без необходимости введения дополнительных компонент, что требуется для других полимерных матриц, например ПЭО. Наилучшей проводимостью (порядка $1∙10^{-6} Ом^{-1}∙см^{-1}$ при НКУ) обладали твердые электролиты с массовым содержанием соли 30 %, в то время как дальнейшее повышение содержания соли приводило к снижению проводимости. Следующим этапом работы стало введение проводящей керамической добавки LATP (($Li\_{1.4}Al\_{0.4}Ti\_{1.6}(PO\_{4})\_{3}$) в диапазоне от 0 до 40 массовых процентов при зафиксированным содержании соли на уровне 30 массовых процентов по отношению к полимеру. Выявлено, что для такого состава ТЭ добавление керамических частиц не привело к улучшению проводящих свойств, что может быть вызвано, например, неоднородностью распределения керамических частиц по объему полимера.

Твердые электролиты на основе ПЭО обладают существенным преимуществом в виде наличия собственной проводимости ПЭО, однако страдают от плохих механических свойств при повышенном содержании соли. Для решения этой проблемы в этой работе было исследована возможность уменьшение содержания соли и компенсации снижения проводимости за счет добавления 25 массовых процентов сукцинонитрила (СН). Молярные соотношения соли и полимера, исследованные в этой работе, составляли 16 ЭО и 8 ЭО на 1 Li. Проверялось также влияние молярной массы ПЭО на проводящие свойства ТЭ такого состава. Для этого использовалось 2 вида ПЭО с молярной массой $1∙10^{6} {г}/{моль}$ и $4∙10^{6} {г}/{моль}$. Наилучшее значение проводимости, полученное для системы с таким составом, оказалось порядка $1∙10^{-5} Ом^{-1}∙см^{-1}$ при НКУ, а числа переноса составили $t^{+}≈0,7$.

*Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание) 075-03-2024-117, № FSMG-2024-0046.*

**Литература**

1. Perea A., et al. Safety of solid-state Li metal battery: Solid polymer versus liquid electrolyte // J Power Sources. Elsevier, 2017. Vol. 359. P. 182–185.

2. Manthiram., et al. "Lithium battery chemistries enabled by solid-state electrolytes." Nature Reviews Materials 2.4 (2017): 1-16.